



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 38 02 219.2
㉔ Anmeldetag: 26. 1. 88
㉕ Offenlegungstag: 3. 8. 89

DE 3802219 A1

⑦① Anmelder:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt eV, 5300 Bonn, DE; Ingenieurbüro Burkhard Bräumer, 8000 München, DE

⑦④ Vertreter:

von Kirschbaum, A., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8034 Germering

⑦② Erfinder:

Bräumer, Burkhard, Dipl.-Ing. (FH); Drescher, Armin, Dipl.-Phys., 8000 München, DE

BEST AVAILABLE COPY

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Einrichtung zur Fernerkundung der Erde

Zur Fernerkundung der Erde vom Flugzeug oder Satelliten aus wird mittels einer opto-elektronischen, flächenhaft aufnehmenden Kamera, der ein oder mehrere Linienabtaster zugeordnet sind, oder auch einer Kombination aus solchen Kameras in regelmäßigen Abständen eine Serie von einander überdeckenden Einzelaufnahmen angefertigt. In dem sich überdeckenden Bereich von benachbarten, einzelnen Flächenaufnahmen werden dann jeweils die Positionen korrespondierender Bildpunkte oder Bildzonen, sogenannte Teilbilder, zur gegenseitigen Orientierung der Aufnahmepositionen der Flächenkamera(s) ausgewählt.

Schließlich werden die Orientierungsdaten von der (den) opto-elektronischen Flächen-Kamera(s) durch festes Ausrichten oder Messen der relativen Ausrichtung auf die Linienabtaster übertragen.

DE 3802219 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fernerkundung der Erde nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und Einrichtungen zu dessen Durchführung.

Zur Fernerkundung der Erde von Satelliten aus werden im optischen Spektralbereich überwiegend optoelektronische Linienabtaster eingesetzt. Hierbei wird eine Linie entweder mechanisch durch einen rotierenden Spiegel abgetastet, oder eine einzige Bildzeile wird simultan durch sogenannte Charged Coupled Devices, sogenannte CCD-Einheiten aufgenommen. Beispiele hierfür sind die Kameras des französischen Spot-Satelliten und auch des IRS-Satelliten (Indian Remote Sensing Satellite). CCD-Linienabtaster für den Shuttle- oder einen Satelliteneinsatz sind die von MBB hergestellten (stereoskopischen) Modulare Opto-Elektronischen Multispektral Scanner (die abgekürzt als MOMS bzw. Stereo-MOMS bezeichnet werden) und von der Anmelderin hergestellte MEOS-Abtaster (Monocular Electro-Optical Stereo Scanner).

Bei allen bisher eingesetzten Linienabastern entsteht durch die Vorwärtsbewegung des Kameraträgers in Form eines Satelliten oder eines Flugzeugs das Bild aus einzelnen Zeilen. Die daraus resultierenden, kontinuierlichen Bildstreifen sind aber geometrisch nicht steif. Sie werden durch die Dynamik des Trägers verzerrt, wobei sich durch Lageschwankungen und Abweichungen von der idealen, geradlinigen Vorwärtsbewegung Fehlerquellen ergeben. Aus diesem Grund ist auch die geometrische Qualität der mittels Linienabastern erhaltenen Bildern in keiner Weise zufriedenstellend.

Die Bildverzerrungen können nur durch einen Vergleich mit fehlerfreien Bildern und Karten oder mit realen Positionen hervorstechender Bildmerkmale auf der Erdoberfläche ermittelt werden. Hierfür werden eine Vielzahl von Vergleichspunkten benötigt, deren Dichte den Amplituden und Frequenzen der Bildstörungen angepaßt sein muß.

Mit Hilfe von zweidimensional aufzeichnenden Kameras sind die mit solchen Kameras aufgenommenen, photographischen Bilder wegen der gleichzeitigen Aufnahme der ganzen Bildfläche zweidimensional steif. Hierbei läßt sich dann jeweils ein überlappendes Paar photographischer Aufnahmen stereoskopisch betrachten und entsprechend auswerten. Auf diese Weise wird nicht nur ein maßstäbliches Abbild (ein sogenanntes Modell) der aufgenommenen Oberfläche gewonnen, sondern gleichzeitig werden auch Ort und Winkelorientierung der beiden aufnehmenden Kameras relativ zur abgebildeten Oberfläche gleichzeitig mit ermittelt.

Für die zuletzt angeführte Aufgabe genügen die Bildpositionen von vier nicht auf einer Linie liegenden Punkten im Überlappungsbereich des von den beiden Kameras aufgenommenen Bildpaares. Dies wird als die "Selbstorientierungsfähigkeit" solcher photographischer Kameras bezeichnet. Hierbei ist die genaue Kenntnis der invariablen Abbildungseigenschaften der Kamera Voraussetzung.

Die Selbstorientierungsfähigkeit photographischer Kameras wird in der Luftbild-Kartierung genutzt, um große zusammenhängende Verbände aus sich überlappenden Einzelaufnahmen herzustellen. Durch die Benutzung von jeweils vier Vergleichspunkten pro Überlappungszone können dann alle Bilder zueinander und alle Kameras relativ zur wirklichen Erdoberfläche mit einem einheitlichen Maßstab orientiert werden. Dies wird dann als "Modell-Lösung" der "photogrammetri-

schen Blockausgleichung" bezeichnet.

Für eine solche "Modell-Lösung" genügt der Vergleich der Positionen identischer Bildpunkte im Bildraum (d. h. auf den einzelnen Photographien). Die wahren, tatsächlichen Bildkoordinaten dieser Punkte werden für die Modellbildung nicht benötigt. Es genügen jedoch die Bodenkoordinaten von nur vier Punkten (beispielsweise in den Ecken eines Blockes), um aus dem Modell (d. h. dem Block) Lage und Maßstab der idealen Oberfläche zu ermitteln.

Zur Orientierung von Linienabastern bezüglich der Erdoberfläche werden in Flugzeugen jeweils parallel zu den Linienabastern gelegentlich photographische Kameras eingesetzt. Hierbei ergeben sich jedoch Schwierigkeiten dadurch, daß sowohl digitale als auch analoge (photographische) Daten weiterverarbeitet werden müssen, und daß eine zeitliche Zuordnung der Bilddaten sowie eine hohe Bildfolgefrequenz für die photographischen Aufnahmen zur Erfassung der beispielsweise durch Erschütterung, Eigenschwingung u. ä. hervorgerufenen, hochfrequenten Trägerdynamik erforderlich sind.

Bei mit CCD-Flächensensoren versehenen Videokameras, die bisher im allgemeinen für Amateure konzipiert sind, weisen die Flächensensoren meistens 250×500 Rasterpunkte (Spalten und Zeilen) auf. Zum Zwecke einer Fernerkundung und Kartierung der Erde würden jedoch Kameras mit etwa $10\,000 \times 10\,000$ Rasterpunkte benötigt. Störungsfrei arbeitende, homogene Flächendetektoren dieser Größenordnung sind jedoch in absehbarer Zeit nicht herstellbar. Es ist daher versucht worden, Bildflächen mit der geforderten Rasterpunktzahl durch eine Mosaikanordnung kleinerer CCD-Flächendetektoren herzustellen.

Aus technischen Gründen, insbesondere wegen der Anzahl der Zuleitungen und der Signalabführung, kann eine solche Mosaikanordnung nicht lückenlos ausgebildet werden. Zur Abdeckung der Lücken muß daher mindestens eine weitere parallel ausgerichtete Kamera mit einem geeignet versetzten Mosaik verwendet werden.

Das Hauptproblem großflächiger optoelektronischer Kameras liegt jedoch in der Datenübertragung. Um die Übertragungsrate konstant zu halten, muß der gesamte Bildinhalt bis zur nächsten Aufnahme gespeichert werden. Hierbei kommen als Speicher bisher nur die CCD-Einheiten selbst in Frage. Diese weisen jedoch ein verhältnismäßig hohes elektronisches Rauschen und Dunkelströme auf, so daß die Bildqualität unter den langen Speicherzeiten (von bis zu einer Minute) leidet. Eine derartige Anordnung von optoelektronischen Festkörper-Sensorflächen in photogrammetrischen Abbildungssystemen ist beispielsweise in der DE 34 28 325 beschrieben.

Die mit sogenannten Flächenkameras hergestellten, einander überlappenden Aufnahmen erlauben eine stereoskopische Betrachtung und Vermessung des Geländers sowie die vorstehend beschriebene Modellbildung durch einen Blockausgleich für große Bildverbände; aus diesem Grund werden sie in der topographischen Kartierung bevorzugt eingesetzt.

In einem wesentlich größeren Umfang und daher auch wesentlich weiter verbreitet sind jedoch multispektrale bzw. panchromatisch arbeitende Linienabtaster, deren Echt- oder Falschfarbbilder eine thermische Klassifizierung der Oberfläche (beispielsweise hinsichtlich Bewuchs- oder Bodenarten) zulassen. Hierbei sollte jedoch eine möglichst einheitliche und sonnen-parallele Blickrichtung gegeben sein, weil sonst die Farbverhält-

nisse schattenabhängig, d. h. "blautichig", sind.

Ferner hat die Tatsache, daß bei Flächenkameras die Blickrichtung auch in der Flugrichtung variiert, zu einer eindeutigen Bevorzugung von Linienab tastern für die multispektrale Kartierung geführt. Aus diesem Grund werden daher auch CCD-Flächensensoren für multispektrale Aufnahmen bevorzugt in Prismen- oder Gitterspektrometern eingesetzt. Hierbei wird bei einer Einzelaufnahme, d. h. bei einer Belichtung nur eine Zeile auf der Erdoberfläche aufgenommen; diese einzige Zeile wird jedoch durch ein Prisma oder ein Gitter spektral zerlegt, so daß die spektrale Information auf das Flächen-CCD verteilt wird. Das bedeutet, jede Zeile des Flächendetektors sieht daher eine andere "Farbe" der gleichen Zeile auf dem Erdboden.

Hinsichtlich der Entwicklung opto-elektronischer Linienabtaster mit einer Stereo-Kapazität sind bereits eine Anzahl Vorschläge unterbreitet worden, um diesen Gerätetyp auch für die topographische Kartierung nutzbar zu machen. Beispiele hierfür sind die Kameras für ein mit Stereo-MOMS von MBB ausgestattetes Projekt und das bisher als einziges verwirklichte Projekt MEOSS der Anmelderin.

Hierbei müssen für stereoskopische Aufnahmen mindestens zwei gegeneinander geneigte Abtastebenen eingesetzt werden. Dies kann durch Neigung kompletter Linienabtaster beispielsweise bei Stereo-MOMS, oder durch Verwendung von parallel angeordneten CCD-Zeilendetektoren in der Bildebene einer Optik, wie beispielsweise bei dem MOESS-Projekt geschehen. Damit eine gegenseitige Orientierung, d. h. eine modellhafte Selbstorientierung, ähnlich wie bei der photogrammetrischen Blockbildung aus Flächenaufnahmen möglich wird, müssen hierbei jedoch mindestens drei Abtastebenen verwendet werden, wie in Fig. 1 schematisch dargestellt ist.

Hierbei besteht ein Einzelbild aus drei gleichzeitig belichteten Zeilen, die im Abstand einer sogenannten "Basislänge" B angeordnet sind. Ein derartiges Momentanbild wird "Zeilentripel" bezeichnet. Bei idealen Flugverhältnissen, d. h. bei konstanter Höhe und Geschwindigkeit, bei einer Parallelausrichtung der Kamera zum Erdboden u. ä. überdecken sich dann die Einzelaufnahmen, d. h. die Zeilentripel, jeweils im Abstand der Basislänge B . In einem solchen Idealfall finden sich dann (meist mehr als) vier gemeinsame Punkte auf je zwei Zeilen beider Zeilentripel, die dann deren gegenseitige "Idealorientierung" feststellen lassen.

Im allgemeinen lassen sich jedoch keine vier gemeinsamen Punkte für zwei Zeilentripel finden, weil sich die Bildpunkte eines Zeilentripels über einen bestimmten Bereich, ein sogenanntes zusammenhängendes Segment, von mehreren Zeilentripeln um den Abstand der Basislänge B verteilen. Die Zeilentripel können daher nicht mehr mathematisch eindeutig gegeneinander orientiert werden.

Benachbarte Zeilentripel können jedoch zu sogenannten "Segmenttripeln" zusammengefaßt werden. In einem solchen Fall lassen sich dann stets vier oder mehr gemeinsame Bildpunkte für eine gegenseitige Orientierung der Segmenttripel im Abstand der Basislänge B finden.

Weil jedoch Segmenttripel aus zeitlich nacheinander belichteten Zeilentripeln gebildet werden, sind sie selbst schon durch Bahn- und Lageschwankungen des Kameträgers, beispielsweise des Flugzeugs oder des Satelliten, verzerrt. Sie liegen dann beispielsweise nicht mehr in einer gemeinsamen Bildebene, wie in Fig. 2 schema-

tisch angedeutet ist, so daß sie dann auch bei vier gemeinsamen Bildpunkten nicht mehr mathematisch eindeutig gegeneinander orientierbar sind.

Um jedoch für die Praxis akzeptable Näherungslösungen zu erreichen, werden verschiedene Interpolationsmodelle verwendet. So wurden beispielsweise von der Anmelderin in deren MEOSS-Projekt satellitenspezifische, theoretische Modelle der Bahn- und Lagedynamik als Interpolationsmodelle entwickelt und eingesetzt.

Die bisher eingesetzten Verfahren und Einrichtungen weisen jedoch verschiedene Nachteile auf. So ist bei den opto-elektronischen Flächenkameras nachteilig, daß sich in Flugrichtung verschiedene Blickrichtungen ergeben, daß die vielen einzelnen Flächendetektoren in einem großen Mosaik justiert werden müssen, daß ferner zwei oder mehr parallel ausgerichtete Optiken, d. h. Kameras, verwendet werden müssen, und daß ein kompletter Bildinhalt über eine verhältnismäßig lange Zeit zwischengespeichert werden muß.

Im Hinblick auf die Orientierung mit stereoskopischen Dreizeilen-Ab tastern ist nachteilig, daß Interpolationsmodelle erforderlich sind, daß eine für photogrammetrische Zwecke geschaffene Software für einen Blockausgleich erweitert werden muß, daß die Zeilenabtaster empfindlich gegenüber einer hochfrequenten Trägerdynamik sind, daß ferner lange Bildstreifen erforderlich sind oder eine Querbefliegung durchgeführt werden muß, und daß schließlich bei einer Schrägstellung der einzelnen Zeilen zueinander die Höhenauflösung bei einer Stereoauswertung nicht konstant ist.

Gemäß der Erfindung sollen daher ein Verfahren zur Fernerkundung der Erde sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens geschaffen werden, die die vorstehend angeführten Nachteile bisher entwickelter und eingesetzter Verfahren und Einrichtungen nicht mehr aufweisen, und bei welchen durch den Einsatz von vorzugsweise multispektralen bzw. panchromatischen Linienab tastern bisher insbesondere im Hinblick auf die Geometrie aufgetretene Schwierigkeiten beseitigt sind.

Gemäß der Erfindung ist dies bei einem Verfahren zur Fernerkundung der Erde nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angeführten Verfahrensschritte realisiert. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 6. Ferner ist dies bei einer Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 7 oder 8 erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche 9 bis 11.

Gemäß der Erfindung sind ein oder mehrere Linienabtaster einer opto-elektronischen, flächenhaft aufnehmenden Kamera oder einer Kombination solcher Kameras zugeordnet. Durch einander überdeckende Flächen-Einzelaufnahmen der Kamera wird hierbei ein Blockausgleich bzw. die Selbstorientierungsfähigkeit für den oder die Linienabtaster hergestellt.

Ferner werden zum Blockausgleich bzw. für die Selbstorientierung empfindliche Zonen in Form von flächenhaften Teilbildern in dem sich überdeckenden Bereich von benachbarten Einzelaufnahmen innerhalb der 2D-Kamera verwendet, deren Daten dann für eine Blockbildung benötigt werden. Somit muß auf keinen Fall der gesamte Bildinhalt jeder einzelnen Flächenaufnahme ausgewertet werden. Vielmehr genügen die Daten von beispielsweise vier, in dem sich überdeckenden Bereich in einem möglichst großen Winkelabstand von

einander angeordneten Teilbildern in der Kamera-Fokalebene; die minimale Größe dieser Teilbilder ergibt sich aus den Anforderungen hinsichtlich der digitalen Bildkorrelation.

Eine Übertragung, d. h. eine Zuordnung der Orientierungsdaten von der flächenhaft aufnehmenden 2D-Kamera auf den oder die Linienabtaster erfolgt durch festes Ausrichten oder Messen der relativen Ausrichtung auf die Linienabtaster sowie ferner durch eine zeitliche Zuordnung der beiden Datenströme, was beispielsweise durch einen gemeinsamen Zeitkode sichergestellt sein kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch ein in regelmäßigen Zeitabständen durchgeführtes Belichten eine Serie von sich überdeckenden Einzelbildern mit Hilfe der opto-elektronischen Flächenkamera hergestellt. Hierbei hängt die Häufigkeit der Einzelaufnahmen sowie die Größe der für eine Bildkorrelation auszuwertenden "Fensterbereiche" in Form der erwähnten Teilbilder im wesentlichen von der Trägerdynamik sowie von dem zu erfassenden Geländetyp ab.

Durch die Bildkorrelation werden dann jeweils mindestens drei gemeinsame Bildpunkte oder -zonen in dem Überdeckungsbereich eines Bildpaares, d. h. in dem sogenannten Fensterbereich, ermittelt. Hierbei kann die gegenseitige Orientierung eines Bildverbandes mit einem der üblichen Standardverfahren des photogrammetrischen Blockausgleichs erfolgen.

Die Orientierung des oder der Linienabtaster ergibt sich unmittelbar für alle Belichtungszeitpunkte mittels der flächenhaft aufnehmenden Kamera. In dem Zeitraum zwischen den einzelnen Belichtungen kann dann der Linienabtaster relativ zu den Flächenbildern durch eine Bildkorrelation in erheblich feineren Intervallen orientiert werden. Diese Orientierung ist für stereoskopische Linienabtaster eindeutig. Bei monoskopischen Abtastern werden zur Orientierung jedoch noch zusätzliche Interpolationsmodelle benötigt.

Besonders vorteilhaft bei den erfindungsgemäßen Verfahren sowie den Einrichtungen zur Durchführung dieser Verfahren ist, daß sie technisch einfach und damit entsprechend schnell realisierbar sind, und daß die hierzu benötigte Software bereits vorhanden und sogar weit verbreitet ist.

Ferner sind in dem erfindungsgemäßen Verfahren und auch in den Einrichtungen zur Durchführung des Verfahrens die Vorteile von Linienabstastern und Flächenkameras so kombiniert, daß sowohl die Verfahren als auch die Einrichtungen weitgehend frei von den Linienabstastern bzw. Flächenkameras anhaftenden Nachteilen sind.

Obendrein wird bei der Erfindung von vornherein opto-elektronisch digital gearbeitet. Somit ist eine An-Bord-Datenverarbeitung in beinahe Echtzeit erreichbar. Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße Verfahren der "Bildnavigation" auch zur Bahn- und Lageregulierung des Trägers, insbesondere für den Linienabtaster beitragen. Darüber hinaus ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren im Verhältnis zu dem Datenstrom des oder der Linienabtaster nur eine sehr geringe zusätzliche Datenrate erforderlich.

Nachfolgend wird eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung anhand der Figuren beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer herkömmlichen, gegenseitigen Orientierung von zwei Zeilentrupeln eines dreifach stereoskopischen Zeilenabstasters unter Idealbedingungen,

Fig. 2 eine Darstellung einer Ausbildung eines nicht-

planaren Segmenttripels durch eine lineare Interpolation zwischen zwei gegeneinander verdrehten Zeilentrupeln als kleinste Einheit eines zweidimensionalen Teilbildes bei einer kontinuierlichen Bildaufnahme eines dreifach stereoskopischen Linienabstasters,

Fig. 3 eine schematische Darstellung von Zeilenabstastern und diesen zugeordneten Flächenabstastern sowie

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer relativen Verschiebung und Orientierung von zwei nacheinander aufgenommenen Einzelaufnahmen.

In Fig. 3 und 4 ist eine bevorzugte Ausführungsform einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, durch das ein in dem eingangs erwähnten MEOSS-Projekt der Anmelderin verwendeter, dreifach-stereoskopischer Linienabtaster ergänzt ist.

Hierbei sind drei CCD-Zeilendetektoren *CCD 1* bis *CCD 3*, welche beispielsweise jeweils 3456 Elemente aufweisen, parallel zueinander ausgerichtet in der Fokalebene eines nicht dargestellten, gemeinsamen Objektivs einer flächenhaft aufnehmenden Kamera angeordnet. Zwischen den drei Zeilendetektoren *CCD 1* bis *CCD 3* sind vier zusätzliche Flächendetektoren *FD 1* bis *FD 4* in Form eines Rechtecks angeordnet. Die vier Flächendetektoren *FD 1* bis *FD 4* sind teilweise i. a. mindestens zur Hälfte, vorzugsweise zu mehr als der Hälfte abgedunkelt.

Bei jeder flächenhaften Einzelaufnahme werden die nicht-abgedunkelten Teilflächen der vier Flächendetektoren *FD 1* bis *FD 4* elektronisch simultan, kurzzeitig belichtet. Der Bildinhalt der einzelnen, etwa zur Hälfte abgedunkelten Flächendetektoren wird sofort in deren abgedunkelte Bereiche verschoben, dort gespeichert und dann mit einer konstanten, niedrigen Datenrate ausgelesen.

Die Verschiebungen und damit die relative Orientierung der nächsten Einzelaufnahme erfolgt über vier jeweils durch ein Kreuz gekennzeichnete Vergleichspunkte in den sich überdeckenden Teilbereichen der einzelnen Flächendetektoren *FD 1* bis *FD 4* bzw. *FD 1'* bis *FD 4'* (wobei durch den Apostroph die bei der nächsten Einzelaufnahme in der Fig. 4 nach rechts verschobene Anordnung angezeigt ist).

Nachstehend wird noch kurz ein Vergleich der erforderlichen bzw. benötigten Datenraten vorgenommen. Wenn Linien- und Flächensensoren bzw. -detektoren gleicher Rasterweite angenommen werden, so ergibt sich für beide Sensoren die gleiche Zeilenfrequenz. Für eine Bildkorrelation genügt eine Höhe, d. h. eine Spaltenzahl, von 20 auf dem jeweiligen Flächendetektor im Verhältnis zu 3456 Spalten pro CCD-Zeilendetektor.

Wenn ferner in Flugrichtung ein Überdeckungsgrad von 50%, d. h. von 0,5 für die Flächenaufnahmen angesetzt wird, so ergeben sich folgende Datenraten:

Für den Linienabtaster:

3 Sensoren mit jeweils 3456 Bildelementen bzw. Pixel (Spalten) mal der Zeilenfrequenz;

Für die Flächenkamera:

4 Sensoren mit 20 Spalten mal Zeilenfrequenz/Überdeckungsgrad.

Damit wird dann das Verhältnis der Datenraten zwischen der flächenhaft aufnehmenden Kamera und den Zeilendetektoren:

$$\frac{4 \times 20}{3 \times 3456 \times 0,5} = 0,0154,$$

d. h. von 1,54%.

Zu einer Abdeckung größerer Lageschwankungen können höhere Spaltenzahlen auf den Flächen-CCD's genutzt werden.

Außer zur Fernerkundung der Erde vom Flugzeug oder Satelliten aus können die erfindungsgemäßen Verfahren sowie Einrichtungen zur Durchführung des Verfahrens in vorteilhafter Weise auch beispielsweise zur Überwachung und Steuerung von industriellen Vortriebsprozessen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Fernerkundung der Erde vom Flugzeug oder Satelliten aus, mit Hilfe von Linienab- 15
tastern, dadurch gekennzeichnet,
daß mittels einer einem oder mehreren Linienab-
tastern zugeordneten, opto-elektronischen, flächen-
haft aufnehmenden Kamera oder einer Kombina- 20
tion solcher Kameras in regelmäßigen Zeitabstän-
den eine Serie von einander überdeckenden Einzel-
aufnahmen angefertigt wird,
daß jeweils die Positionen korrespondierender
Bildpunkte oder Bildzonen, sog. Teilbilder, in dem
sich überdeckenden Bereich von benachbarten ein- 25
zelnen Flächenaufnahmen zur gegenseitigen
Orientierung der Aufnahmepositionen der Flä-
chenkamera(s) ausgewählt werden, und
daß die Orientierungsdaten von der (den) opto-
elektronischen Flächen-Kamera(s) durch festes 30
Ausrichten oder Messen der relativen Ausrichtung
auf die Linienabtaster unterstützt durch eine zeitli-
che Zuordnung beider Datenströme übertragen
werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 35
zeichnet, daß die flächenhaften Teilbilder in einem
möglichst großen Winkelabstand voneinander lie-
gen, um so eine hohe Genauigkeit der gegenseiti-
gen Orientierung zu erhalten.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 40
zeichnet, daß zur Orientierung von größeren Ver-
bänden von Linienabtasteraufnahmen die Flächen-
aufnahmen im Sinne einer photogrammetrischen
Blockausgleichung verwendet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 45
zeichnet, daß der oder die Linienabtaster auf dem
Bildverband aus Flächenaufnahmen durch Bildkor-
relation kontinuierlich orientierbar sind.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 50
zeichnet, daß die Orientierungsfähigkeit der flä-
chenhaft aufnehmenden Kamera zur Lage- und
Bahn-Regelung des Kameraträgers verwendet
wird, um dadurch insbesondere eine Bildüberdek-
kung für Linienabtaster zu erreichen, deren Abtast- 55
zeilen in der Fokalebene versetzt sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeu-
gung überdeckender Einzelaufnahmen nach Auf-
nahmezeitpunkt und Position der in der (den) Ka-
mera(s) aktivierten Sensorflächen in Abhängigkeit 60
von einer Bahn- und Lageinformation des Kamera-
trägers gesteuert wird.
7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens
nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekenn- 65
zeichnet, daß dem oder den Linienabtastern eine
opto-elektronische, flächenhaft aufnehmende Ka-
mera fest zugeordnet ist.
8. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens

nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der oder die Linienabtaster einer op-
to-elektronischen, flächenhaft aufnehmenden Ka-
mera in variabler, durch zusätzliche Messungen
von Abständen und Winkeln bestimmbarer Anord-
nung zugeordnet sind.

9. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß vorzugsweise drei als Linienabtaster
dienende CCD-Zeilendetektoren (CCD 1 bis
CCD 3) parallel zueinander ausgerichtet in der Fo-
kalebene eines gemeinsamen Objektivs der opto-
elektronischen Kamera angeordnet sind, und daß in
der Fokalebene zwischen den drei CCD-Zeilende-
tektoren (CCD 1 bis CCD 3) zusätzliche Flächende-
tektoren (FD 1 bis FD 4) angeordnet sind.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die vorgesehenen Flächendetektoren
(FD 1 bis FD 4) über das gemeinsame Kamera-Ob-
jektiv und über Spiegel oder Strahlteiler belichtbar
sind.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder
10, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlichen
Flächendetektoren (FD 1 bis FD 4) teilweise abge-
dunkelt sind, um sie als Bildspeicher zu verwenden.

3802219

Nummer:

38 02 219

Int. Cl.4:

G 01 C 11/00

Anmeldetag:

26. Januar 1988

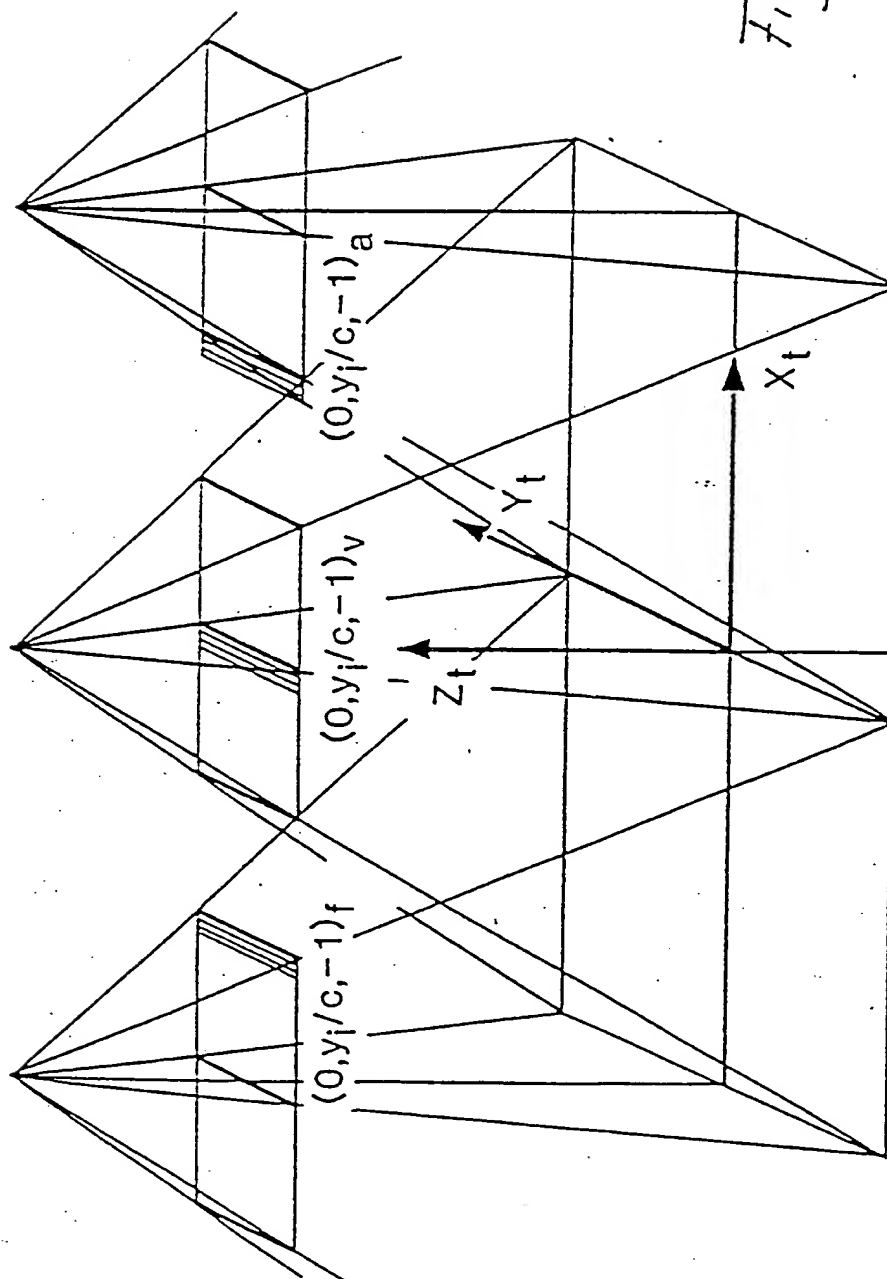
Offenlegungstag:

3. August 1989

16

Fig.: 16: b

Fig. 1



3802219

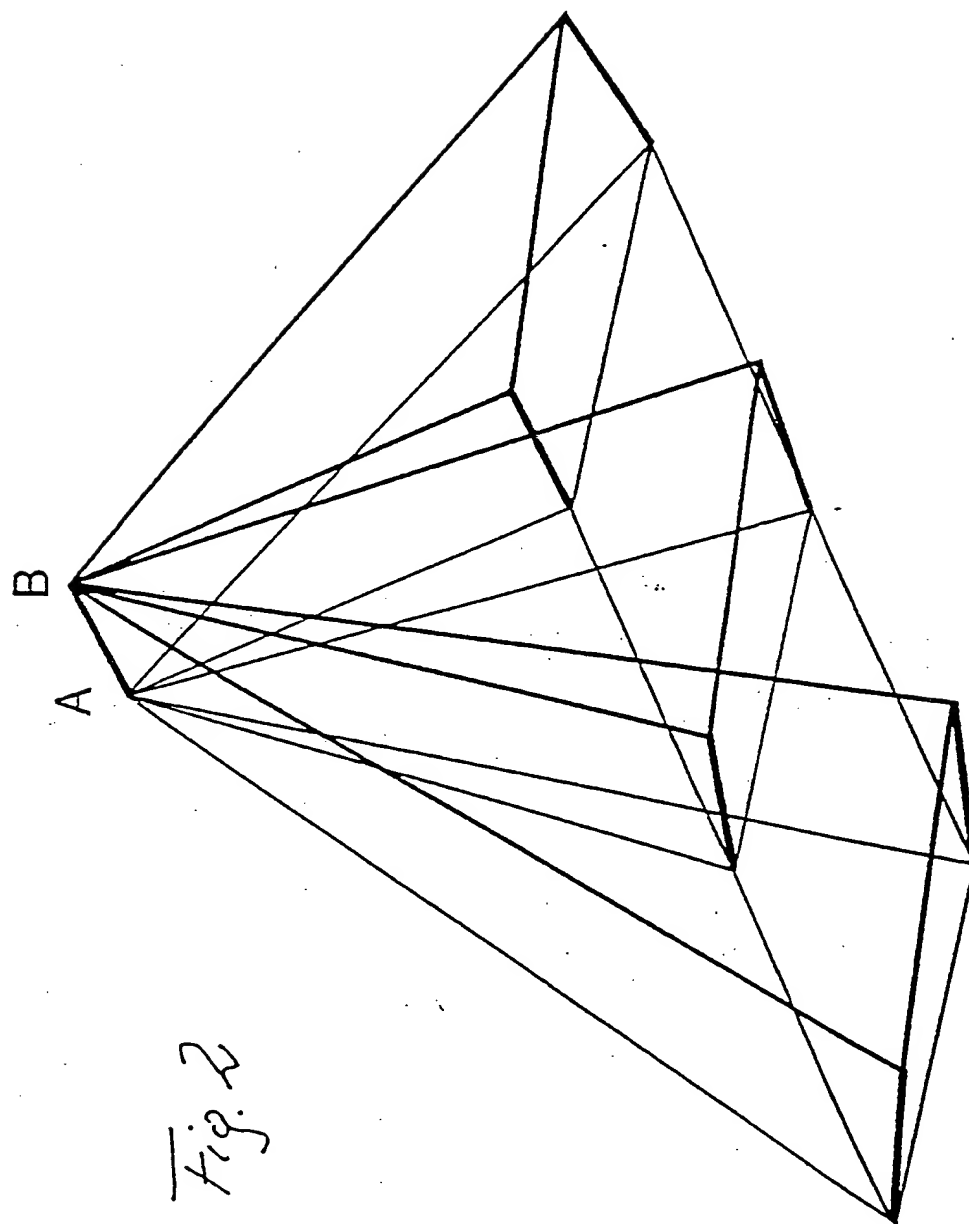


Fig. 2

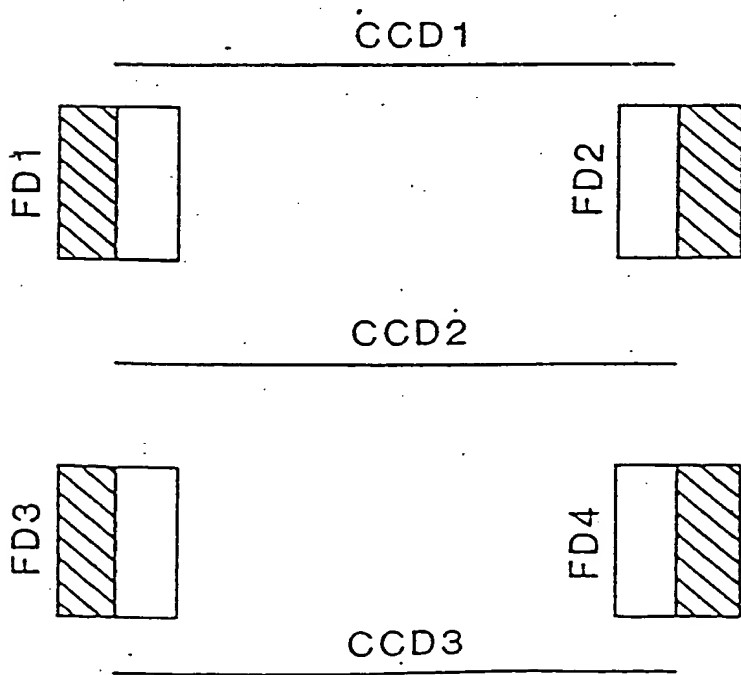


Fig. 3

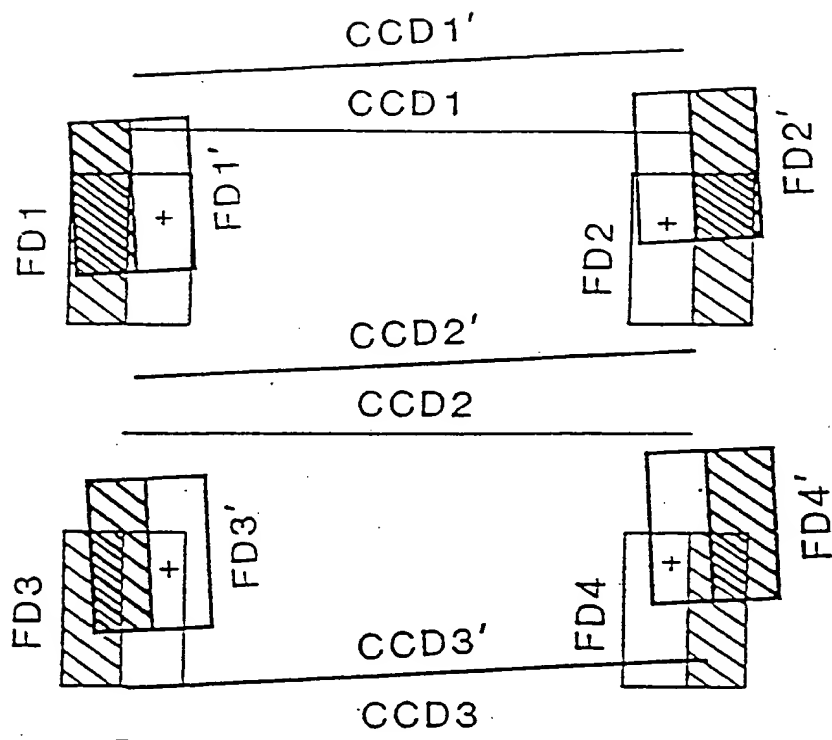


Fig. 4

3802219

18 *

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.